

# ОБ ОБРАЗОВАНИИ ОБОРВАННЫХ ГРАНИЦ ПРИ ГОРЯЧЕЙ ДЕФОРМАЦИИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА

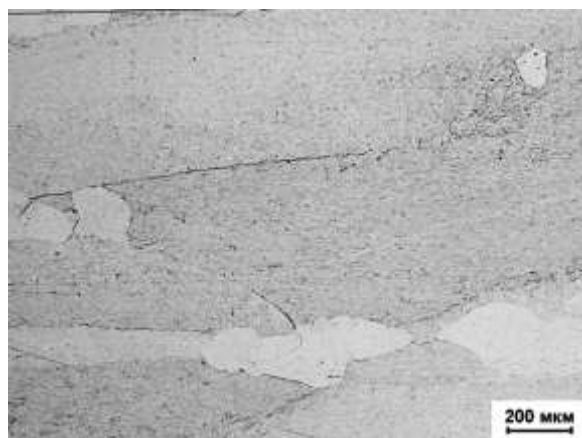
**Голубев В.И., Водолазский Ф.В., Иванова М.А.**

*Руководитель – доцент, к.т.н. Демаков С.Л., доцент, к.т.н.*

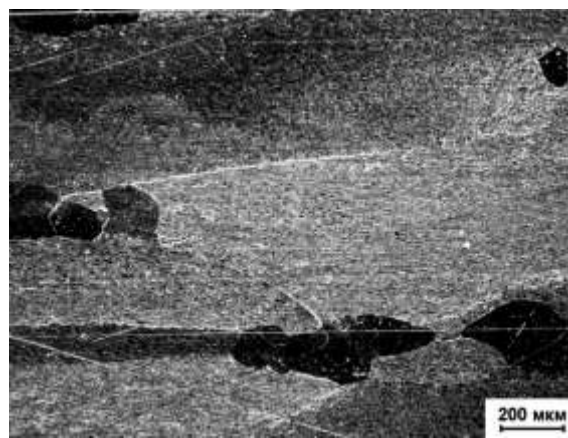
*ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет-УПИ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина», г. Екатеринбург, [demakof@mail.ru](mailto:demakof@mail.ru), [vodolazski@bk.ru](mailto:vodolazski@bk.ru), [tofm@mail.ustu.ru](mailto:tofm@mail.ustu.ru)*

Методами металлографии и анализом дифракции обратно-рассеянных электронов (ДОЭ-анализ) было проведено исследование титанового сплава Ti-10-2-3. Исходные образцы - цилиндры диаметром 90 мм, высотой 75 мм, были подвергнуты отжигу  $T_{пп}+140^{\circ}\text{C}$  для создания равноосной крупнозернистой структуры, средний размер зерен составил  $2,5\pm 0,5$  мм. Затем образцы были осажены со степенью деформации 60% при температурах  $\beta$ -области.

При изучении зеренной структуры были обнаружены оборванные границы, пример которых представлен на рис. 1. Как правило, такие границы начинаются от тройных стыков, и хорошо обнаруживаются в диапазоне степеней деформации 30...60%. При больших деформациях они распространяются до противоположной границы, образуя отдельные зерна. Травимось таких границ подобна травимости высокоугловых границ. На концах оборванных границ имеется характерное поле напряжений, рис. 1.



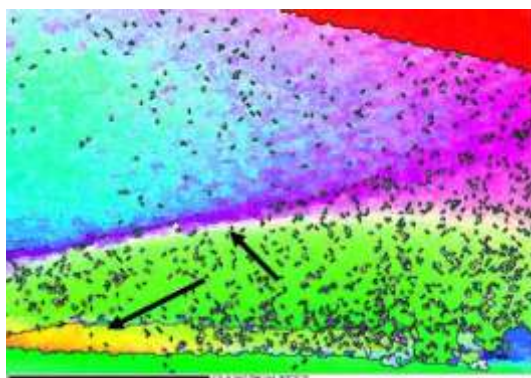
а) светлопольное изображение



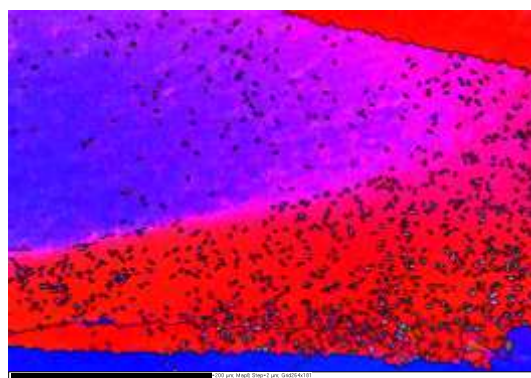
б) темнопольное изображение

Рисунок 1 Микроструктура титанового сплава 10-2-3

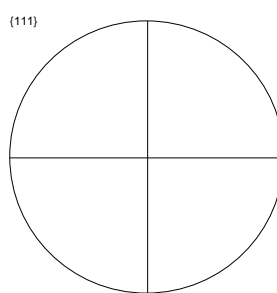
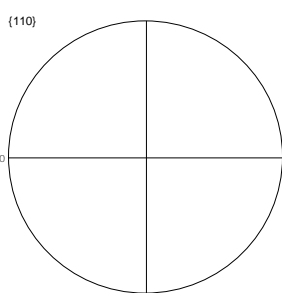
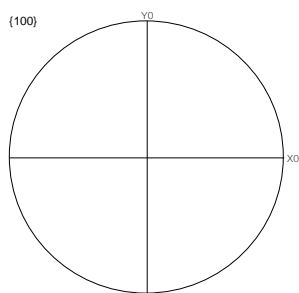
Для того, что бы убедиться, что эти границы действительно являются оборванными и представляют собой высокоугловую границу, было проведено ДОЭ исследование с шагом 2 мкм, рис. 2 а, б. Угол разориентации оборванных границ составил более  $20^{\circ}$ , рис 2, в. На рисунке присутствуют две оборванные границы (на рис. 2, а обозначены стрелками), у верхней границы присутствует поле напряжения, с постепенным переходом ориентации. Нижняя представляет собой границу разворота.



а нормальное направление

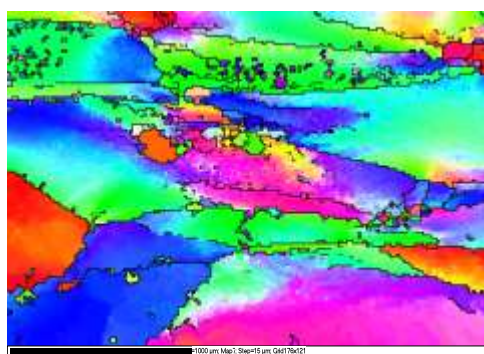


б радиальное направление

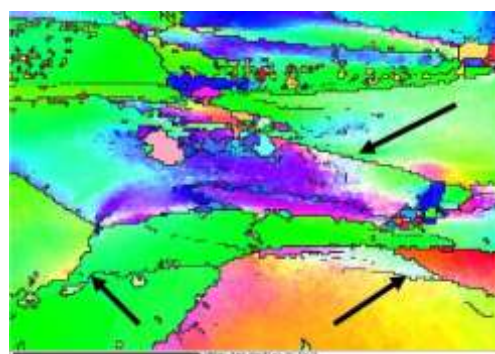


Pole Figures  
[Ti-10-2-3 1 (1-1).cpr]  
Titanium cubic (m3m)  
Subset1  
37784 data points  
Equal Area projection  
Upper hemispheres

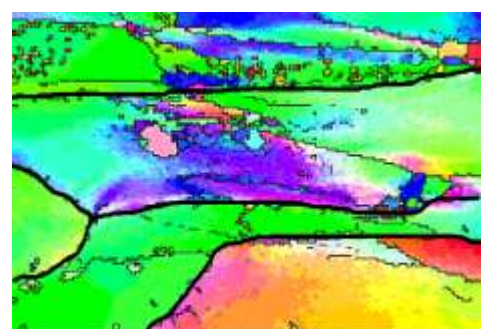
в прямые полюсные фигуры



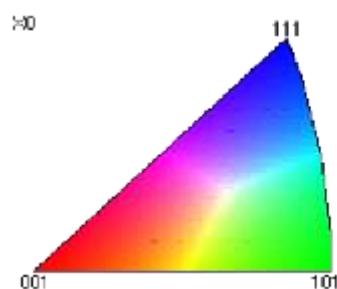
г радиальное направление



д тангенциальное направление



е реконструкция исходных зерен



ж стереографический треугольник

а, б, в – участок 1 шаг сканирования 2мкм;  
г, д, е – участок 2, шаг сканирования 15 мкм.

Рисунок 2 Данные ДОЭ-исследования сплава 10-2-3

На рисунке 2 г, д представлен случай, когда при повышении степени деформации такие границы распространяются через все исходное зерно, с

образованием нового зерна с отличной от исходной ориентацией. На рисунке 2, е произведена реконструкция границ исходных зерен, внутри которых присутствуют оборванные границы (некоторые из них обозначены стрелками). Средний размер зерна в результате уменьшился в 3...4 раза.

Отметим, что оборванная граница проходит между полигонами, рис. 3, это свидетельствует о том, что образование таких границ ответственные не только деформационные процессы, но и процессы полигонизации.

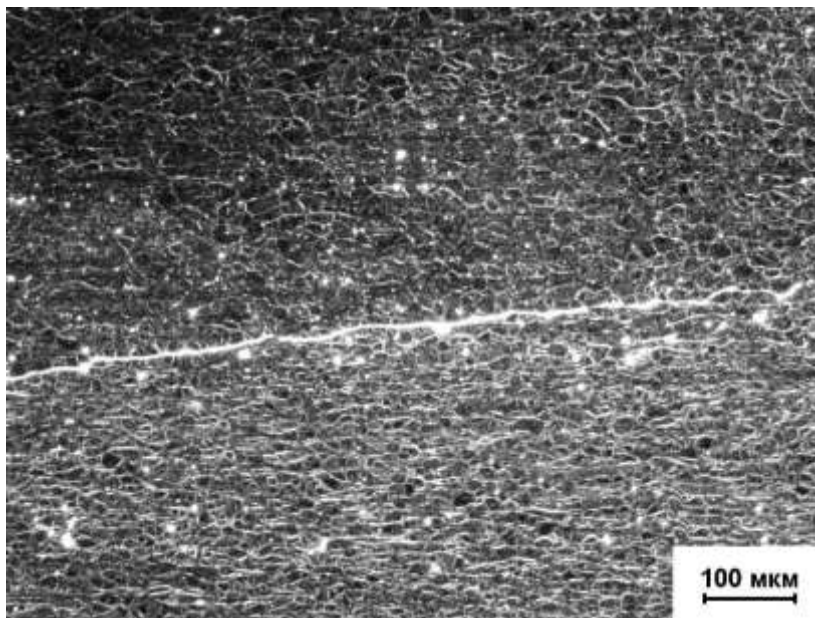


Рисунок 3 Микроструктура титанового сплава 10-2-3.  
Оборванная граница в светлом поле.

По результатам исследования считаем доказанным образование оборванных границ при горячей деформации.

*Работа выполнена в соответствии с Государственным контрактом  
Федерального агентства по науке и инновациям № 02.740.11.0160*